

유한요소 해석을 이용한 Missile Guidance Structure의 Random response analysis

김재기¹ · 남광식¹ · 최진규¹ · 최호민¹ · 조상¹ · 염상훈² · 이석순^{1†}

¹국립경상대학교 기계항공공학부
²FMI

Random response analysis of Missile Guidance Structure by using Finite Element Method

Jaeki Kim¹, Kwangsik Nam¹, Jinkyu choi¹, Homin Choi¹, Shang Zhao¹, Sang Hun Yeom²,
Seoksoon Lee^{1,†}

¹Dept. of Mechanical and Aerospace Engineering, ERI, Gyeongsang National University.
²FMI

Abstract : In the vibration test, Most of the test specifications is standardized methods of sinusoidal excitation. However, in accordance with the ability of the test equipment progress and developments of electronic technology, methods of random vibration test is standardized in the MIL standard. Therefore, in this study, we tried to analyze Missile Guidance Structure using a finite element analysis with ABAQUS 6.13 that is commercial program. First, Random response analysis is analyzed. Following analyzing the results, we wanted to find the model that is lightweight and resonance does not occur.

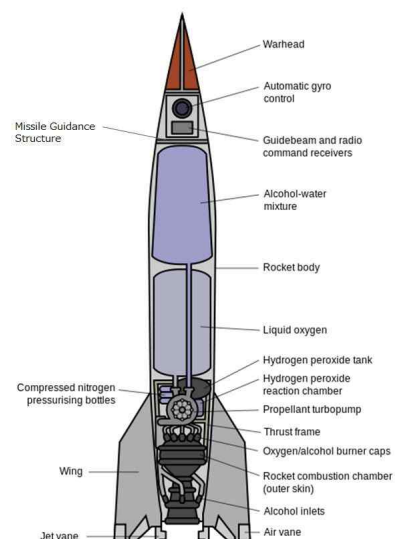
Key Words : Random Response, Finite Element Method, Missile Guidance, Frequency Analysis, Mil-STD-810G, Mode shape, Acceleration Spectrum Density

1. 서 론

어떤 제품이 사용되어질 주변 환경에서 사용할 수 있는지를 알기 위하여 진동시험은 품질 보증 단계에서 습도실험, 온도실험 등과 관련되어 품질 보증에 일반적으로 수행된다. 제품 설계 단계에서부터 진동시험을 실시하면 제품 개발에 있어서 시간과 비용을 절약할 수 있으며, 제품의 내구력과 관련되어 품질 보증에 많은 도움을 준다.[1]

현재 대부분의 시험 규격은 정현파 가진 방법을 규격화 하고 있으나, 전자기술의 발전과 더불어 설비의 시험능력이 향상됨에 따라 MIL(Military Specifications and Standards) 규격에서는 진동에서 발생하는 각 주

파수 성분을 분석하여 재현 시키는 랜덤(Random) 시험 방법을 규격화 하였으며, 점진적으로 복잡하고 다양한 형태의 랜덤 시험방법을 적용하는 것이 세계적인 추세이다.[2-4]



Received: June 8, 2015 Revised: June 18, 2015 Accepted: July 28, 2015

† Corresponding Author

E-mail: leess@gsnu.ac.kr

Copyright © The Society for Aerospace System Engineering

Fig. 1 Missile sectional view

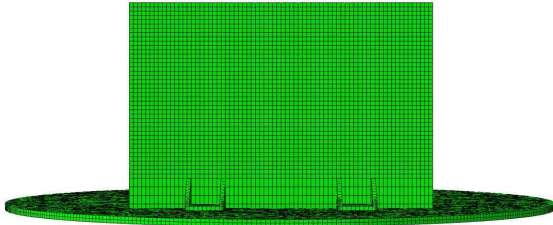


Fig. 2 The Finite element model

위의 그림 Fig. 1에서 Missile Guidance Structure 위치 및 형상을 파악할 수 있다. 그러므로 본 연구는 상용해석 툴인 ABAQUS 6.13 을 이용하여 Missile Guidance Structure 의 Random Response Analysis 를 수행하고자 한다.

2. 본 론

2.1 유한요소 모델

본 연구 모델은 위의 Fig.2에서 보이는 것과 같이 Command receivers와 Plate가 붙어있으므로 해석적으로 결합조건을 주어 Rigid body로 해석된다. 모델의 크기는 반지름, 두께가 각각 137.5 mm, 1 mm 이고, 재료는 알루미늄(Aluminium)으로 Young's Modulus 72 GPa, 밀도 2750 kg/m³ 로 가정하고 해석을 진행하였다. 여기서 우리는 랜덤하중 하에서 Plate의 공진 여부를 살피고, 기존의 두께 1.0 mm 에서 두께의 변화를 주어 각각 1.5 mm, 2.0 mm의 두께에서 안전성을 검토하고자한다. 또한 무게 경량화를 위하여 두께를 늘리는 대신, 공진 시의 Mode shape을 고려하여 무게대비 효율적인 보강판(Stiffner)형상을 제시하고자 한다. 요소 타입은 정육면체 요소인 C3D8R 을 이용하였고, 요소 수는 아래의 Table 1에 제시하였다.

Table 1 The number of elements according to the cases

case	두께 / 보강판	The number of elements
1	1.0 mm	29,174
2	1.5 mm	26,089
3	2.0 mm	118,069
4	Stiffner 1	75,068
5	Stiffner 2	143,375
6	Stiffner 3	264,289

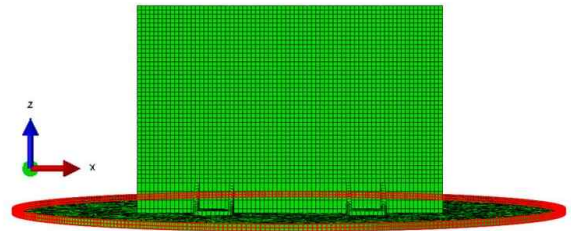


Fig. 3 The location of boundary condition

2.2 랜덤응답 해석 과정

랜덤응답 해석을 수행하기 전에 모드 해석(Frequency analysis)이 선행되어야 한다. 구속조건은 위의 Fig. 3에 보이는 것처럼 Plate의 옆 두께부이다. 이 부분에 Fix 로 고정시키고, 랜덤하중 적용을 위해 고정 부위를 Surface 1으로 지정한다.[5]

랜덤하중은 실제로 그 복잡성으로 인해 직접적 표현이 불가능 하므로 통계처리 방법을 이용하여, 실제 시험모델에 작용하는 가속도의 평균치, 상대편차, 그리고 서로 다른 시간대의 두 가속도 변수에 상관 관계식을 통해서 가속도 스펙트럼 밀도(Acceleration Spectrum Density, ASD)를 구할 수 있고, 이를 이용하여 랜덤하중을 가하여 준다. 본 해석의 ASD 조건은 Mil-STD 80G의 랜덤시험 환경요구도 조건을 참조하여 앞서 지정하였던 Surface 1에 적용하였고, 아래의 그림 Fig. 4에 나타내었다.[6]

해석은 총 6개 Case가 각각 이루어졌다. Case 1~3은 두께의 변화만을 주어 해석하여 공진이 발생하는지를 확인하였고, Case 4~5는 1mm Plate의 Mode shape를 참조하여 보강판을 적용하였고, Case 6은 1.5 mm Plate의 공진여부를 살피고 Mode shape을 고려하여 보강판을 적용하였다.

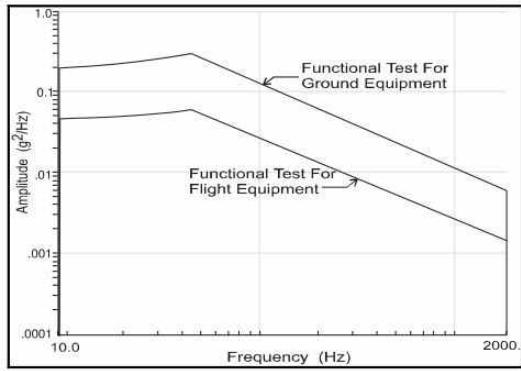


Fig. 4 Random test input ASD

2.3 해석 결과

먼저 Plate가 1 mm, 1.5 mm, 2.0 mm 일 때, 변위-주파수 그래프를 통해 결과를 비교해 볼 수 있다.

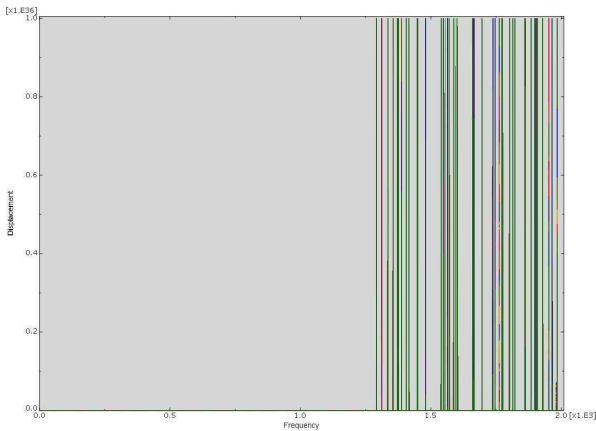


Fig. 5 The result of Thickness 1.0 mm Plate

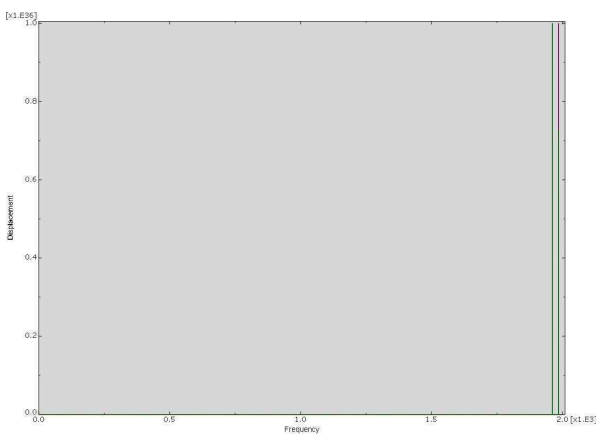


Fig. 6 The result of Thickness 1.5 mm Plate

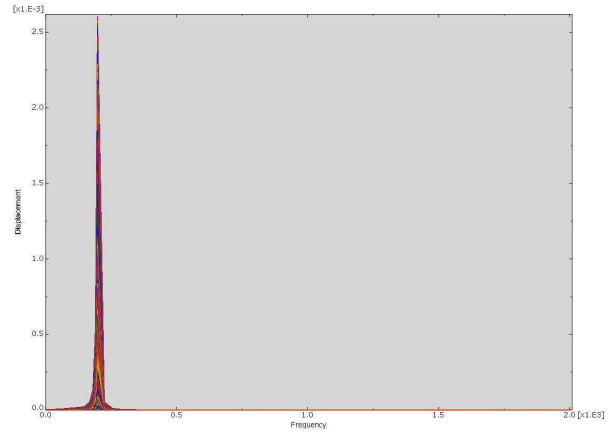


Fig. 7 The result of Thickness 2.0 mm Plate

일반적으로 진동해석에 있어서, 공진이 발생된다고 확인될 시 작동 주파수와 모드 형상을 고려하여 설계 변경을 수행한다.

1.0 mm Plate의 결과를 살펴보면, 해석 주파수 범위 10~2000Hz내에 약 40개 이상의 모드(Mode)에서 크기 1E36 mm 값을 가지는 공진이 발생한다. 대표적인 모드 형상(Mode shape)으로 1st, 2ed 모드의 형상을 아래의 Fig. 8에 나타내었다. 이를 바탕으로 Case 3,4의 보강판을 제시하였다.

1.5 mm Plate에서는 해석 주파수 범위 내에 2개의 모드에서 크기 1E36 mm 값을 가지는 공진이 발생한다. Case 6는 앞에서 설명한바와 같이 1.5 mm Plate의 2개의 공진 모드 형상을 고려하여 보강판을 적용하고, 해석하였다.

2.0 mm Plate에서는 약 2.7 μ m 값이 발생하여 안전하다고 판단된다.

Fig. 9, 10는 Case 4,5인 1mm Plate에 적용된 보강판 형상을 나타내었다. 보강판의 넓이는 20 mm 이고 두께는 1 mm 이다.



Fig. 8 The 1st, 2ed mode shape of case 1 result

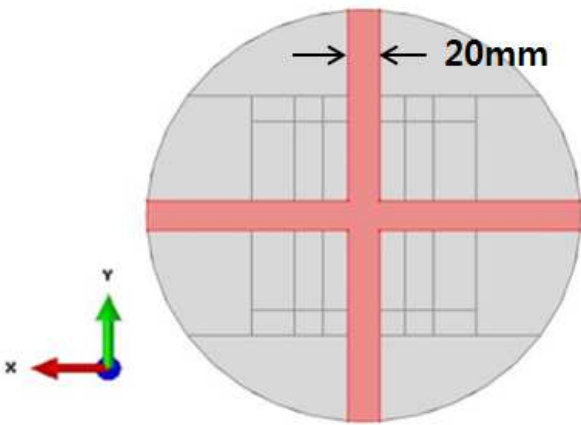


Fig. 9 The Configuration of 보강판 1(Case4)

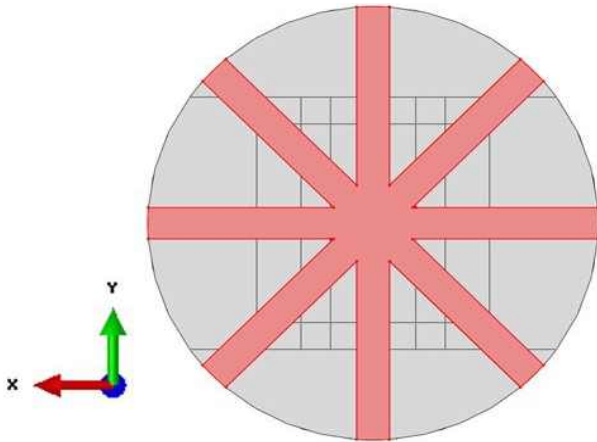


Fig. 10 The Configuration of 보강판 2(Case5)

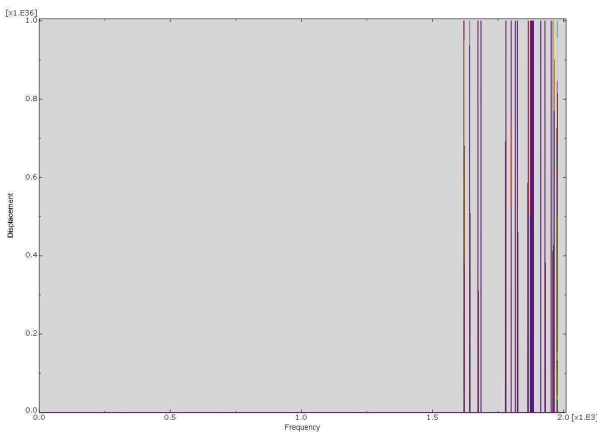


Fig. 11 The result of 보강판 1

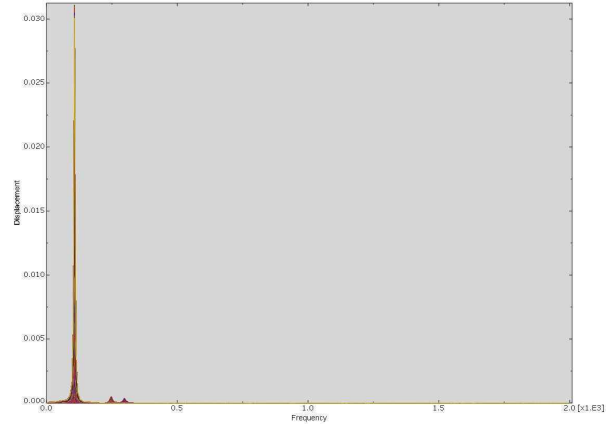


Fig. 12 The result of 보강판 2

Fig. 11은 1 mm Plate의 보강판 1의 형상을 적용하여 해석한 결과이다. 해석 주파수 범위 내에서 약 30 개 이상의 모드에서 크기 1E36 mm를 가지는 공진이 발생함을 볼 수 있다.

Fig. 12은 1 mm Plate의 보강판 2의 형상을 적용하여 해석한 결과이다. 해석 결과 107.1 Hz인 1차 모드에서 약 0.03 mm의 값이 발생하여 안전하다고 판단하였다.

다음의 Fig. 13는 1.5 mm Plate의 공진 시의 모드형을 보여준다. Fig. 6에서 볼 수 있듯이, 2개의 모드에서 공진이 발생하고, 그 모드를 고려하여 보강판의 형상을 적용하고, 그 형상을 Fig. 14에서 확인할 수 있다. 보강판의 두께는 0.75 mm이다. 이것이 Case6이며 해석결과, 203.25 Hz인 1모드에서 약 2.7 μ m 값이 발생하여 안전하다고 판단하였다. 이 결과를 Fig. 15에 제시하였다.

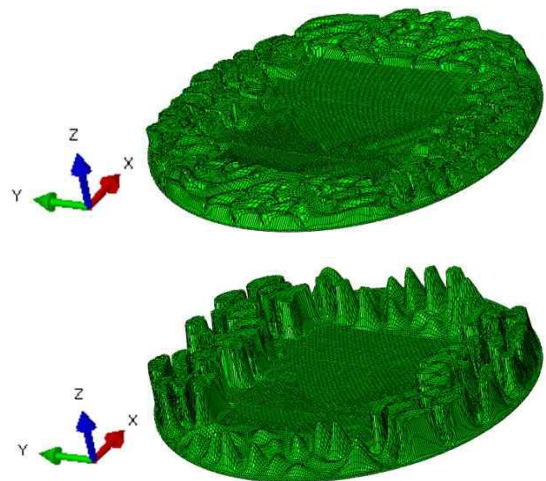


Fig. 13 The mode shapes of 1.5 mm plate result when occurring to resonance

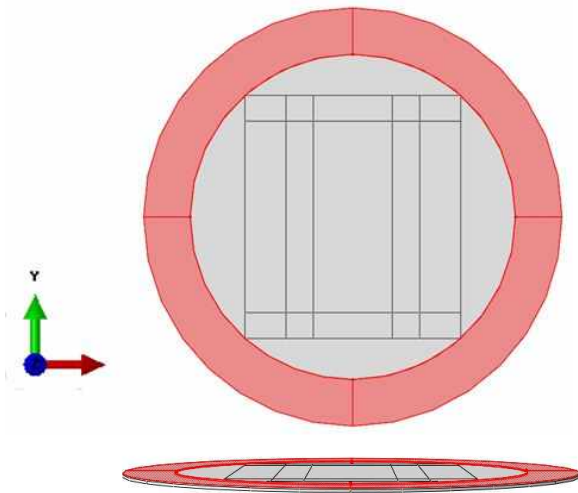


Fig. 14 The Configuration of 보강판 3(Case6)

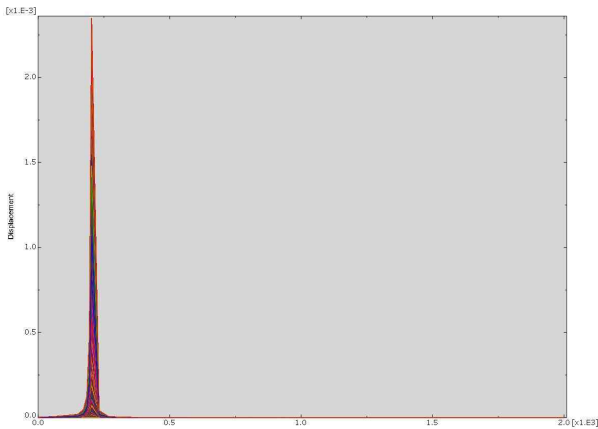


Fig. 15 The result of 보강판 3

Table 2 weight and displacement of each case

case	두께 [mm /보강판]	무게 [kg]	변위 [mm]
1	1.0 mm	0.163	발산
2	1.5 mm	0.245	발산
3	2.0 mm	0.327	0.0027
4	1.0 mm Stiffner 1	0.192	발산
5	1.0 mm Stiffner 2	0.218	0.03
6	1.5 mm Stiffner 3	0.293	0.0027

3. 결 론

위의 표에서 각각의 Case에 따른 무게와 랜덤 진동

시험 후의 변위를 확인 할 수 있다. 보강판 없이 두께의 변화만을 고려했던 Case1,2,3에서는 Plate 두께가 2 mm이상일 때 랜덤응답에 안전하다고 판단할 수 있었고, 보강판을 제시했던 Case4,5,6에서는 Case 5,6만이 안전하다 판단하였다.

그러므로 무게와 효율을 고려하였을 때, 1.0 mm에서 모드형상을 고려하여 보강판을 제시했던 Case5가 랜덤시험에 가장 적합한 모델이라고 판단된다.

여기서 그치지 않고 더 나아가서 랜덤시험 조건에서 실제로 실험을 진행하고, 실험 결과와 FEA 해석 결과

를 비교하고, 더 다양한 보강판 형상으로 해석을 진행하여 무게와 효율을 고려한 최적의 형상을 연구할 것이다.

4. 후 기

“본 연구는 교육부 지원 BK21 Plus사업과 지방대학특성화(CK-I)사업의 지원을 받아 수행되었음.”

참 고 문 헌

- [1] Minkyu Kang and Jiwon Park, Seoksoon Lee, The Korea Society of Mechanical Engineers Spring Conference, “Random response analysis of Kit by using Finite Element Method,” pp. 117~118, 2010.
- [2] MIL-STD-810g, "Enviromental Engineering Considerations and Laboratory Tests," Department of Defence, US, 2008.
- [3] Paul H. Wirsching, Thomas L. Paez, Heith Ortiz, "Random Vibrations Theory and Practice", Wiley Interscience, 1995.

- [4] Ryan Simmons, "Random Vibration Analysis",
NASA FEMCI Book, 1997.
- [5] Gunmyung Lee, "Modal Analysis Techniques",
The Korean Society for Noise and Vibration
Engineering, pp 43, 1997.
- [6] Petre Stoica and Randolph Moses, "SPECTRAL
ANALYSIS OF SIGNALS", Prentice Hall, Inc.
2004.